

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1920-1921.

N° 2.

Les Plantes à Copals

Contribution à leur étude anatomique

THÈSE

pour l'obtention du diplôme de Docteur de l'Université de Paris
(Pharmacie)

Présentée et soutenue le

1921.

PAR

PHILIPPE RIBIÈRE

Pharmacien de 1^{re} Classe.

Ex-Interne des Hôpitaux de Paris.

JURY { MM. GUIGNARD, Président.
PERROT, Professeur.
GUÉRIN, Agrégé.

LONS-LE-SAUNIER

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE LUCIEN DECLUME

1921





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552828_0060

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1920-1921.

N° 2.

Les Plantes à Copals

Contribution à leur étude anatomique

THÈSE

pour l'obtention du diplôme de Docteur de l'Université de Paris
(Pharmacie)

Présentée et soutenue le 1921.

PAR

PHILIPPE RIBIÈRE

Pharmacien de 1^{re} Classe,

Ex-Interne des Hôpitaux de Paris.



JURY { MM. GUIGNARD, Président.
PERROT, Professeur.
GUÉRIN, Agrégé.

LONS-LE-SAUNIER

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE LUCIEN DECLUME

1921

PERSONNEL DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE

ADMINISTRATION

MM. H. GAUTIER, Doyen, O. *, ☉ I.
 RADAIS, Assesseur, *, ☉ I.
 G. DURSANT, Secrétaire, *, ☉ I.

PROFESSEURS

MM. GUIGNARD, Membre de l'Institut, C. *, ☉ I..... Botanique générale.
 VILLIERS, *, ☉ I..... Chimie analytique.
 N..... Pharmacie galénique.
 H. GAUTIER, O. *, ☉ I..... Chimie minérale.
 RADAIS, *, ☉ I..... Cryptogamie.
 BÉHAL, Membre de l'Institut,
 C. *, ☉ I..... Chimie organique.
 PERROT, O. *, ☉ I..... Matière médicale.
 COUTIÈRE, *, ☉ I..... Zoologie.
 BERTHELOT, Membre de l'Institut, ☉ I..... Physique.
 GRIMBERT, *, ☉ I..... Chimie biologique.
 LEBEAU, *, ☉ I..... Pharmacie chimique.
 DELÉPINE, *, ☉ I..... Hydrologie et Hygiène.
 GUERBET, ☉ I..... Toxicologie.

Directeur honoraire : M. GUIGNARD, C. *, ☉ I.

Professeur honoraire : M. MOUREU, C. *, ☉ I.

CHARGÉS DE COURS

MM. TASSILLY, *, ☉ I..... Minéralogie.
 MARC HONNORAT, *, ☉ I.... Législation et Déontologie pharmaceutiques.
 LUTZ, ☉ I..... Cryptogamie.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. BOUGAULT, ☉ I.	MM. TASSILLY, *, ☉ I.	MM. GORIS, *, ☉ I.
SOMMELET, ☉ I.	GUÉRIN, ☉ I.	LAUNOY, *, ☉ I.
DAMIENS, ☉ I.	LUTZ, ☉ I.	HÉRISSEY, *, ☉ I.

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. DEFACQZ, *, ☉ I..... Chimie générale.
 COUSIN, ☉ I..... Chimie analytique.
 SOUÈGES, ☉ I..... Micrographie.
 LEROUX, ☉ I..... Physique.
 DEVAL, ☉ I..... Microbiologie.
 JAVILLIER, *, ☉ I..... Travaux généraux de 4^e année.

Chef du Laboratoire des examens pratiques : M. JAVILLIER, *, ☉ I.

Bibliothécaire en Chef : M. DORVEAUX, ☉ I.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GUIGNARD,
MEMBRE DE L'INSTITUT,
DOYEN HONORAIRE DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE PARIS.

Hommage de respectueuse reconnaissance.

A MONSIEUR GUÉRIN,
PROFESSEUR AGRÉGÉ A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE PARIS.

Témoignage de vive gratitude.



INTRODUCTION.

En raison de l'importance des Copals au point de vue économique, les plantes qui fournissent ces résines ont déjà fait l'objet de nombreuses observations. Dans son important travail sur les « Gommés, résines d'origine exotique et végétaux qui les produisent », M. Jacob DE CORDEMOY n'a pas consacré à ces produits moins d'une trentaine de pages qui constituent, sur la question, une source précieuse de documents. Mais depuis l'apparition de cet ouvrage, qui date de 1900, les plantes à Copals ont continué à attirer sur elles l'attention, en particulier au cours des missions scientifiques qui, ces dernières années, ont sillonné l'Afrique équatoriale. Un certain nombre de données nouvelles, concernant la distribution des Copaliers et la récolte du Copal, nous ont paru suffisamment dignes d'intérêt pour prendre place dans la première partie de ce travail qui pourra ainsi constituer un utile complément à l'œuvre de M. DE CORDEMOY.

En ce qui concerne la structure anatomique des *Trachylobium* et des *Hymenæa*, diverses particularités réclamaient de nouvelles recherches, et surtout celles ayant trait au système sécréteur et à l'origine de la pulpe qui

enveloppe les graines. Les résultats que nous avons acquis sur ces divers points, grâce à des matériaux provenant de Madagascar et de la Réunion, et à des échantillons des serres de la Faculté de Pharmacie, font l'objet de la seconde partie de cette thèse

C'est sur les conseils de M. le Professeur GUIGNARD que ces recherches ont été entreprises. Qu'il nous soit permis de le remercier ici, en lui témoignant notre profonde reconnaissance pour sa grande bienveillance à notre égard, durant notre séjour dans son laboratoire.

Nous exprimerons aussi notre vive gratitude à M. GUÉRIN, Professeur Agrégé, dont les conseils nous ont été fort précieux en de nombreuses circonstances.

PREMIÈRE PARTIE.

Les Plantes à Copals. — Origine botanique et géographique. — Récolte des Copals et leur commerce.

On a longtemps désigné dans le commerce, sous le nom de « Copals », des résines fournies par des espèces appartenant à des familles très diverses. De nos jours, on ne comprend plus guère, sous ce vocable, que certaines résines produites par des Légumineuses (*Trachylobium*, *Hymenæa*, *Daniellia*, *Copaifera*) et aussi des résines fossiles rapportées à diverses espèces du genre *Dammara* (1).

Les Copals proviennent d'Afrique, d'Amérique, de la Nouvelle-Zélande, de Manille, des îles Fidji, de la Nouvelle-Calédonie, etc.

Les Copals de l'Afrique occidentale sont, suivant leur origine, désignés sous les noms de Copal de Sierra-Leone, Copal d'Accra, Copal du Bénin, Copal de la Nigéria, Copal du Cameroun, Copal du Congo, Copal d'Angola et

(1) On a aussi désigné sous le nom de Copals, des produits résineux fournis par des Diptérocarpées et des Térébinthacées, mais mention n'en est plus faite actuellement sur le marché européen.

Copal du Benguela. Tous ces Copals sont fournis par diverses espèces de *Copaifera* et de *Daniellia*.

Ceux de l'Afrique orientale sont les Copals de Zanzibar, de la côte orientale d'Afrique, de Mozambique, et de la côte orientale de Madagascar.

Le Copal de Mozambique (frais) est fourni par le *Copaifera Gorskiana* Benth. ; le Copal fossile de la côte de la même région est rapporté au *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. qui fournit tous les autres Copals de la côte orientale d'Afrique et de Madagascar.

En Amérique, le Copal de Colombie proviendrait de l'*Hymenæa splendida* Vog. ; le Copal du Vénézuëla de l'*H. stilbocarpa* Hayne ; l'*H. Courbaril* L. fournit les Copals de la Guyane anglaise et du Brésil.

Tous les autres Copals de la Nouvelle-Zélande, de Manille, des îles Fidji, de la Nouvelle-Calédonie, etc., sont fournis par des *Dammara*.

Copaifera fournisseurs de Copal.

Quatre espèces de *Copaifera* sont productrices de Copals : *C. copallina* H. Bn (= *C. Guibourtiana* Benth.), *C. Demeusei* Harms, *C. Mopane* J. Kirk, *C. Gorskiana* Benth.

C. copallina H. Bn.

Le *C. copallina* H. Bn (= *C. Guibourtiana* Benth.) est un grand arbre dont la tige élancée peut dépasser un mètre de diamètre, et dont les feuilles sont pourvues de deux folioles sessiles, en forme de demi-lune, asymétriques et acuminées. Il habite la Haute-Guinée, la Sierra-Leone, le

Gabon, le Congo, la Côte-d'Ivoire (1). On le rencontre surtout sur les flancs des contreforts montagneux du Fouta-Djallon à 400-600 mètres d'altitude, où il recherche les stations humides et les terrains argileux et humides. A Sierra-Leone, il se fait un commerce important de ce produit.

D'après M. LEROIDE (2), dans les cercles de Dubréka et du Rio Pongo (Région de Konakry), l'arbre producteur de Copal est désigné par les indigènes Soussous du nom de « saki », le terme « kaki » semblant réservé pour désigner le produit.

« Les gommiers, dit cet auteur, sont la propriété de certains villages dont la part est bien délimitée de celle des villages voisins. Quelques notables seuls sont possesseurs et, pour beaucoup, les gommiers constituent une grosse richesse. C'est avec le produit de leur récolte qu'ils paient l'impôt. Les partages donnent lieu à de nombreux palabres qui dégénèrent souvent en querelles. En 1907, les gens de Doïoma faillirent en venir aux prises avec ceux d'un darha du Kabitaye, au sujet de la forêt de Sakisharan. La dispute qui s'éleva entre l'alcali Séni de Bassia et l'almamy Daouda du Moréa fut plus grave. Il s'agissait de Kakiirés rapportant plusieurs tonnes de gomme. Les deux adversaires ne pouvant s'entendre se brûlaient réciproquement leurs gommiers en forme de représailles. L'Administrateur du cercle dut mettre fin à ce conflit en

(1) Sur une Carte qui accompagne le récent ouvrage de M. A. CHEVALIER (*Exploration botanique de l'Afrique occidentale française, Enumération des plantes récoltées avec une Carte botanique, agricole et forestière*, Paris, 1920), où se trouve indiquée la répartition des principales espèces forestières, le *Copaifera Guibourtiana* Benth. se montre très répandu dans la Guinée française, la Sierra Leone et la Côte d'Ivoire.

(2) LEROIDE. — Rapport de Mission dans les cercles de Dubréka et du Rio-Pongo sur le Gommier Copal (*Supplément au Journal officiel de l'Afrique occidentale française*, 15 mai 1909, n° 10).

donnant tous les gommiers à Sèni qui versa, en compensation, 30.000 francs à Daouda ».

La croissance des sakis est lente. Ils ne sont exploitables que vers la septième ou huitième année, lorsqu'ils ont 13 à 15 centimètres de circonférence.

Les incisions sont pratiquées vers la fin de novembre, sur tout le pourtour de l'arbre, à 25 ou 30 centimètres de distance. La gomme ne s'écoule que plusieurs jours après la blessure. Elle exsude lentement pendant toute la saison sèche et se rassemble en boules irrégulières qui n'atteignent leur volume définitif qu'au mois de février. Elle n'est dure et sèche que deux mois après. C'est alors qu'elle atteint son maximum de valeur.

Le « kaki » se vend dans les factoreries de la côte à des prix qui varient considérablement suivant la qualité et les cours en Europe.

La gomme, première qualité, se présente en boules vitreuses de la grosseur du poing, translucides, dures, sèches et cassantes. En 1907, à Dubréka et au Pongo, elle se payait, d'après M. LEROIDE (1), 5 francs à 5 francs 50 le kilogramme.

Il y aurait grand intérêt à s'occuper sérieusement de la propagation ou tout au moins de la conservation des gommiers. Cela serait d'autant plus utile que les sakis se plaisent dans les montagnes rocailleuses où il n'est guère possible d'entreprendre autre chose et qu'il est de toute nécessité de ne pas déboiser.

A.-H. UNWIN (2), Assistant conservateur des forêts dans le « Southern-Nigeria », qui a parcouru, en 1908, les forêts de Sierra-Leone, mentionne également l'abus des saignées des arbres à Copal, dans ces régions, ce qui explique, d'après lui, que l'exportation du produit soit

(1) *Loc cit.*

(2) A.-H. UNWIN. — Report on the forests and forestry problems in Sierra-Leone (*Bull. of the Imp. Institute*, VIII, 1910).

tombée de 2.530 quintaux en 1898 à 500 environ en 1907.

Un rapport, paru en 1912 dans le Bulletin de l'*Imperial Institute* (1) relatif au Copal de Sierra-Leone, accuse une nouvelle chute dans le total des exportations de ce produit. A cette époque, le prix payé par les commerçants locaux était d'environ 2 fr. 50 par kilogramme.

C. *Demeusei* Harms.

Au Congo belge, dans le Congo français et au Gabon, l'espèce productrice de Copal serait le *C. Demeusei* Harms, désigné sous le nom de « baka » dans le district de l'Equateur, au Congo belge. Le *Copaifera Demeusei* Harms serait surtout commun, d'après A. CHEVALIER (2), dans le Congo Equatorial et l'Oubangui.

Le *C. Demeusei* Harms est disséminé dans les massifs forestiers, principalement aux endroits marécageux, et se reconnaît à son port élancé, à sa tige ne portant de branches qu'à une certaine hauteur au-dessus du sol, à son écorce blanc jaunâtre et à ses feuilles bi-foliolées.

Au Congo belge (3), les indigènes se contentent de recueillir le Copal qui exsude naturellement à la surface du tronc sous forme de larmes, sans employer de moyens artificiels propres à faciliter la sécrétion (4).

Le Copal, ainsi récolté sur les arbres vivants, est désigné sous le nom de Copal vert ; mais on recueille également un copal dit fossile, enfoui sous terre, provenant

(1) Cet article renferme d'intéressantes observations relatives à la récolte du Copal, à son triage et aux essais infructueux de plantations de copaliers en Sierra-Leone (*Bull. of the Imp. Institute*, X, p. 166, 1912).

(2) A. CHEVALIER. — La forêt et les bois du Gabon, p. 399, 1917.

(3) Congo belge. La gomme Copal (*Moniteur officiel du Commerce*, 14 déc. 1911, p. 650).

(4) En Guinée, la récolte se fait au moyen d'incisions.

d'arbres disparus. Pour cette récolte, les indigènes s'arment d'un bâton, pourvu à son extrémité d'une pointe de fer, sondent le sol au pied de Copaliers et constatent la présence de la résine, au son qu'elle rend au contact du fer.

Dans les rivières, de grandes quantités de Copal se rencontrent, lorsque les eaux sont basses, sur les bancs de sable (1).

Une fois recueillis, les Copals sont privés par les indigènes de leurs impuretés, morceaux d'écorces, particules terreuses, insectes, etc, et subissent même un véritable traitement avant d'être livrés au commerce. Au préalable, on sépare les gommages molles des gommages dures. Les premières, d'un blanc ou jaune laiteux, de formation récente, sont simplement grattées, avant d'être emballées, car elles ne peuvent résister au traitement que l'on fait subir aux secondes. Exposées à l'air pendant un certain temps, elles deviennent plus claires et plus dures.

Les gommages dures sont plongées, pendant une demi-heure environ, dans une solution à un pour cent de soude caustique (2) préparée sur place dans les pirogues, puis lavées dans des paniers que l'on plonge dans l'eau. Elles sont mises ensuite à sécher au soleil. Les morceaux sont

(1) D'après M. A. SAPIN (*Compagnie du Kasai*, Bruxelles, 1910, p. 298), le *G. Demeusei* Harms est un grand arbre des galeries marécageuses ou toujours humides. Dans la région du Kasai, on récolte peu de Copal. Seule, la Société du Lubefu s'en occupe.

C'est le Copal fossile que les indigènes présentent en factorerie. La récolte se fait en saison sèche lorsque les eaux des galeries marécageuses se sont en partie retirées. Les indigènes font des trous distants de 1 à 2 mètres du tronc, c'est-à-dire en dessous des grosses branches.

Une piqûre d'insectes, une plaie produite par un arbre qui tombe ou par une branche arrachée par une tornade, suffit pour déterminer au bout de plusieurs jours l'écoulement d'un suc qui se durcit sur la plaie sous forme de boules; celles-ci finissent par tomber et la prochaine crue des eaux a vite fait de les recouvrir et de les enterrer.

(2) Le traitement préalable de la soude est recommandé par toutes les maisons de commerce de Copals et fabricants de vernis anglais, qui recommandent en outre de trier ces produits suivant leur nuance.

alors triés, et, s'il y a lieu, on enlève les dernières impuretés que la soude n'aurait pas désagrégées. En 1908, il était exporté du Congo belge 1.618.895 kilogs de Copal (*Moniteur officiel du Commerce*, 14 Décembre 1911, page 650) ; en 1909, 826.536 kilogs, et, en 1910, 975.511 kilogs.

Un grand marché a été créé à Basankusu (Congo belge) auquel 585.596 livres de Copal furent apportées durant 1913 (1), dont 344.060 livres pour le quatrième trimestre.

C. Mopane J. Kirk (= *Copaiba Mopane* O. Kuntze).

Cette espèce est le Copalier du Haut-Congo.

« Depuis le confluent de l'Alima, écrit à son sujet M. A. CHEVALIER (2), nous rencontrons de véritables forêts de Copaliers, surtout dans les îles et sur la rive belge. Leurs troncs d'un blanc cendré, ne se ramifiant qu'à une grande hauteur, leur donnent l'aspect de nos hêtres, mais les rameaux s'étalent en parasol au lieu de dessiner un dôme arrondi. Les bois qu'ils forment ressemblent, vus du fleuve (le Congo), à de grandes futaies de France. Ces arbres donnent le Copal dont on retrouve les concrétions après l'inondation, le long du fleuve, jusqu'aux Stanley-Falls. La gomme copal découle des arbres en grosses larmes qui jonchent la terre ; le sol contient parfois aussi des blocs de cette résine, déposés au cours des siècles à mesure que les arbres disparaissaient et que la forêt se reconstituait d'elle-même ».

(1) Copal Industry of Belgian Congo (*Bull. of the Imp. Institute*, XIII, 319, 1915).

(2) A. CHEVALIER. — L'Afrique centrale française, Paris, 1907, p. 15).

Le *C. Mopane* J. Kirk se rencontre également au nord du Cunene et aux environs de Mossamédès. Vers l'est, il constitue, selon KIRK, sur les rives du Zambèze, de vastes forêts monotones qui s'étendent sur des plaines sèches et arides.

Le Copal fourni par cette espèce ne semble pas venir actuellement dans le commerce. Les indigènes l'emploient pour l'éclairage.

C. Gorskiana Benth.

Cette espèce croît au Mozambique où elle constitue, à cent milles à l'ouest d'Inhambane, d'immenses forêts, dans un sol sablonneux, reposant sur un sous-sol calcaire.

L'arbre atteint jusqu'à 30 mètres de hauteur et près de 2 mètres de circonférence.

Le *Copal d'Inhambane* est un Copal récolté sur l'arbre qui semble pouvoir en donner des quantités importantes.

Ce produit se présente en grosses larmes et bien qu'il s'agisse d'une sorte inférieure, il est d'un véritable intérêt au point de vue commercial.

Cette espèce a été introduite (1) aux Iles Fidji, à la Jamaïque, à la Trinité, en Australie tropicale, etc.

C. Arnoldiana.

Cette espèce, rencontrée au Gabon par A. CHEVALIER, n'a pas encore été signalée comme productrice de Copal.

(1) Inhambane Copal (*Kew Bulletin*, p. 281, 1888).

Daniellia.

Dans tous les pays baignés par le golfe de Guinée, depuis le sud de la Sierra-Leone jusqu'au Congo français, une espèce copalifère importante appartient au genre *Daniellia*.

Le *D. Ogea* Rolfe (= *Cyanothyrsus Ogea* Harms) concourt avec le *Copaifera copallina* H. Bn à la production du Copal de Sierra-Leone. Les Copals d'Accra, de la Côte de l'Or, du Dahomey, du Bénin et de la Nigeria semblent provenir pour la plupart du *Daniellia Ogea* Rolfe.

Ces derniers sont en général des Copals frais se présentant en larmes jaune blanchâtre, s'agglomérant plus ou moins en morceaux de grosseur variable. Leur cassure est vitreuse et transparente. Ces sortes sont bonnes à condition d'être récoltées convenablement et triées selon les teintes. Les industriels se plaignent constamment du fait que ces Copals ne sont pas nettoyés sur place et privés des débris d'écorces et de terre qui les accompagnent (1).

Les exportations de Copals de la Guinée française se font, chaque année, d'une façon régulière. Elles ont atteint, en 1914, 119.044 kilogs (296.852 francs) ; en 1915, 145.692 kilogs (326.529 francs). Les trois premiers trimestres de 1916 ont fourni 86.175 kilogs (200.181 francs). Les deux premiers de 1917 accusent une exportation de 27.078 kilogs (67.588 francs) (2).

(1) De nombreux articles du *Bull. of the Imp. Institute* (1912 à 1915) sont consacrés à ces Copals fournis par le *Daniellia Ogea* Rolfe.

(2) « *Petit Bulletin de l'Office Colonial* » du Ministère des Colonies.

Trachylobium. — *Hymenæa.* — *Peltogyne.*

Plusieurs auteurs ont décrit, en les rapportant au genre *Hymenæa*, plusieurs espèces qui, actuellement, se trouvent réparties entre les genres *Trachylobium*, *Hymenæa* et *Peltogyne*.

Ces trois genres, du groupe des Césalpiniées-Amherstées, dont les feuilles, toujours bifoliolées, sont à folioles asymétriques, se distinguent de la façon suivante :

I. Pétales ongiculés, 5 ou 3 ; gousses fortement ridées verruqueuses, indéhiscentes..... *Trachylobium*,

II. Pétales sessiles, toujours 5 ; gousses faiblement ridées verruqueuses.

1. Fleur grande ; stigmate petit ; gousse épaisse, presque ronde, indéhiscente..... *Hymenæa*.

2. Fleur petite ou assez petite ; stigmate élargi ; gousse oblique, comprimée, bivalve... .. *Peltogyne*.

De ces trois genres, les deux premiers seuls renferment des espèces productrices de Copals, parmi lesquels les plus importants sont : le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. (= *Hymenæa verrucosa* Gærtn.), le *Trachylobium Hornemannianum* Hayne (= *Trachylobium mossambiense* Klotzsch = *Hymenæa Hornemanniana* A. Dietrich) qui n'est vraisemblablement qu'une variété ou une forme du précédent, et l'*Hymenæa Courbaril*-L.

Trachylobium verrucosum (Gærtn.) Oliv.

Cette espèce fournit le Copal de Madagascar. C'est un très grand arbre dont le tronc droit, cylindrique, peut atteindre jusqu'à 40 mètres de haut. Les fleurs blanches, en panicules, sont pourvues de pétales au nombre de cinq, presque égaux et pourvus chacun d'un onglet (1).

La gousse oblongue, à péricarpe coriace et verruqueux, renferme de nombreuses poches résinifères. Les graines sont plongées dans une abondante pulpe blanchâtre.

Ce Copalier semble exister dans toutes les parties de Madagascar, mais c'est surtout dans le Nord et sur le versant oriental de l'île qu'il abonde.

D'après J. DE CORDEMOY (2), le produit que recherchent et exploitent les Malgaches, c'est le Copal dur, semi-fossile, anciennement exsudé de l'arbre, et qui forme dans le sol des dépôts plus ou moins abondants. Pour le découvrir, ils creusent au pied des arbres, parfois malheureusement jusqu'à les déraciner.

Cependant les indigènes récoltent aussi la résine qui suinte de toutes les parties de l'arbre vivant. Mais ils respectent celui-ci et se contentent de faire dans l'écorce du Copalier des incisions par où s'écoule la résine.

Utilisé sur place, comme vernis, par la population malgache, le Copal de Madagascar fait surtout l'objet d'une exportation importante, et il est trouvé dans le commerce sous deux sortes : le *Copal vert*, fraîchement récolté sur l'arbre, et le Copal fossile ou semi-fossile, ce dernier étant certainement le plus important.

(1) En raison de ses pétales onguiculés, le Copalier de Madagascar doit être considéré comme un *Trachylobium*.

(2) J. DE CORDEMOY. — Gommés, résines d'origine exotique et végétaux qui les produisent particulièrement dans les colonies françaises, Paris, A. Challamel, 1900.

D'après le *Petit Bulletin de l'Office Colonial*, les quantités de Copals exportées de Madagascar ont été : pour le 4^e trimestre 1914, de 28,670 kilogs (valeur 54.473 francs); pour les 1^{er} et 3^e trimestres 1915, respectivement 10.882 et 38.071 kilogs (122.500 francs).

En 1916, pour le 2^e trimestre, l'exportation n'a atteint que 5.764 kilogs (17.292 francs).

Trachylobium mossambicense Kletzsch.

Ce Copalier croît à Zanzibar, où l'exportation du Copal a acquis, depuis très longtemps, une grande importance.

S'il est vrai qu'on trouve de la résine sur les arbres vivants, il n'est pas douteux que le Copal actuellement exporté de Zanzibar soit surtout du Copal fossile.

Mais, de nos jours, le produit exporté de cette île, n'est pas récolté à Zanzibar; il provient de la côte du Mozambique (1) et de celle de l'ancien Est africain allemand où

(1) En signalant que le produit recueilli au Mozambique est un produit accumulé dans le sol, depuis des siècles peut-être, et devenu fossile, M. J. DE CORDEMOY (*loc. cit.*, p. 110) rappelle l'explication que donnait LIVINGSTONE de la fossilisation de la résine Copal. D'après ce célèbre explorateur, les arbres, perforés par des larves d'insectes, ont laissé exsuder des masses résineuses qui, tombant du tronc et des grosses branches, se sont, avec le temps, enfoncées dans le sol où elles ont formé les dépôts que l'on retrouve aujourd'hui.

Tout cela est possible, ajoute M. J. DE CORDEMOY, mais ce qui est positif, c'est que, des blessures faites aux racines, accidentellement ou non, il peut s'écouler des quantités considérables de résine qui s'accumulent sous terre et se fossilisent. Le fait a été observé pour l'*Hymenæa Courbaril*; il est absolument démontré pour les *Dammara*.

Nous ne pouvons rappeler cette assertion de M. J. DE CORDEMOY sans faire remarquer, ainsi qu'on le verra dans la seconde partie de ce travail, que nous n'avons pas rencontré de poches sécrétrices dans les racines d'*Hymenæa* que nous avons étudiées. S'en formerait-il donc dans des racines plus âgées ou des poches-sécrétrices d'origine pathologique apparaîtraient-elles à un moment donné pour sécréter la résine qui se rencontre dans le sol? Nous ne le pensons pas.

les gisements seraient d'ailleurs en voie d'épuisement. En 1913, le total des exportations de Copal de Zanzibar atteignait encore 70.000 kilog. environ.

Les morceaux de ce Copal fossile sont enveloppés d'une couche blanchâtre, cassante, due à leur oxydation superficielle pendant leur séjour dans la terre. En les traitant par une solution de soude caustique, cette couche friable se ramollit et tombe ; après dessiccation au soleil et un brossage convenable, on voit apparaître l'aspect de « peau d'oie » qui caractérise le produit fossile.

Sous le nom de *Trachylobium Dewevrianum*, les botanistes de Kew ont décrit une espèce du Haut-Congo fournissant une résine dont la valeur commerciale a été estimée 40 livres sterling la tonne.

Hymenæa Courbaril L.

Cette espèce, qui fournit le Copal d'Amérique, est répandue à la Guyane, au Vénézuéla, au Brésil, au Mexique et aux Antilles. Dans la Guyane anglaise, où l'*H. Courbaril* L. est désigné sous le nom de *locust tree* ou *simiri*, la résine serait utilisée pour faire des torches et des vernis de poteries. Les petites quantités de Copal exporté le sont sous les noms de *Gum Animi*, *Demerara Animi*.

L'*H. Courbaril* L. est un arbre de 25 à 30 mètres de hauteur. Ses fleurs, à parfum agréable, sont en grappes corymbiformes; sa gousse, longue de 10 à 20 centimètres, épaisse de 2 à 3 centimètres, est brunâtre, dure, rugueuse, chagrinée à la surface ; elle renferme plusieurs graines nichées dans une pulpe farineuse et jaunâtre.

La résine découle de son tronc et de ses branches; mais la meilleure sorte est celle qui se rencontre enfouie dans le sol pendant un temps plus ou moins long. Elle ressemble

à l'ambre comme apparence, et on la trouve souvent en blocs de dimensions considérables.

Ce Copal, qui faisait autrefois l'objet d'une exportation importante, n'est plus, de nos jours, que fort peu demandé.

H. splendida Vog.

Cet *Hymenæa* fournit, en Colombie, un Copal désigné sous les noms d'Ambara, Algarroville et Algarobilla.

H. stilbocarpa Hayne.

Cette espèce donne, au Brésil, un Copal spécialement récolté dans l'Etat de Parahiba do Norte. Le même produit est désigné au Vénézuéla sous le nom de *Resina de Algarrobo*.

Les résines de ces deux *Hymenæa* possèdent des propriétés très voisines de celle de l'*H. Courbaril* L.

Dammara.

Alors qu'on réserve généralement le nom de *dammars* pour les produits résineux recueillis, par incision, de diverses espèces du genre *Dammara* (Conifères), on emploie, le plus souvent, celui de Copals pour désigner les produits fossiles trouvés dans le sol des îles de la Nouvelle Zélande (New-Zealand Copal), de Fidji (Copal from Fidji), de la Nouvelle-Calédonie, de Manille, etc. Ces Copals, ou résines dures, sont encore désignés sous le nom de Kaori ou Kauri. Parmi ces Copals, celui de la Nouvelle-Zélande occupe, de beaucoup, la première place.

Copal de Nouvelle-Zélande. — L'exploitation était libre au début et faite par de petits fermiers, des pionniers et des émigrants de l'Europe du Sud-Est.

En 1898, pour protéger les intérêts des chercheurs de gomme, le « Kauri gum Industry Act » fut passé qui fit établir des réserves, et un droit de cinq shillings par chercheur anglais, et de deux livres sterling par chercheur étranger; 276,210 acres de terre à Copal furent réservés, puis une partie fut retirée de ces réserves.

La surface totale des terres à Copal du district d'Auckland était estimée, en 1898, à 814.000 acres. Si des réserves ont été établies, en revanche, rien n'interdit de rendre les terres de la couronne impropres à la culture, et rien n'oblige les chercheurs à boucher les trous de 3 à 15 pieds de profondeur qu'ils creusent. On trouve jusqu'à 200 de ces trous par acre. D'autre part, des incendies répétés ont détruit ou vidé d'immenses dépôts.

D'après le *Chemist and Druggist* (1915, 86, III), un bill amendant la loi au sujet de la « Kauri gum Industry » en Nouvelle-Zélande a été passé en octobre 1914. La demande devint nulle au début de la guerre. C'est alors qu'on demanda au gouvernement les fonds nécessaires pour acheter les réserves, en les payant 50 % de leur valeur antérieure, les stocks ainsi constitués devant être vendus plus tard au moment de l'amélioration du marché. Une grande quantité de ces résines était utilisée en Allemagne pour la confection des vernis et linoléums. La vente en Angleterre diminua, celle des Etats-Unis se maintint.

La production du Copal de Nouvelle-Zélande est attribuée au *Dammara australis* Lamb. (Kauri, Kaori ou Cowrie pine). Pour la majeure partie, ce Copal est fossile.

Il paraît être d'âges très différents, car on le rencontre en 2, 3 ou 4 assises superposées. La meilleure est celle qui provient des deux assises supérieures en terrain sec.

On se sert pour l'extraire, indépendamment d'une pelle et d'une pioche, d'un outil, en forme de lance, de 1 à 3 mètres de long, que l'ouvrier enfonce dans le sol pour y rechercher les morceaux de résine. On extrait de la même manière le Copal qui provient des troncs de Kauris actuels, et qui se trouve, le plus souvent, en masses irrégulières entre les racines des arbres.

DEUXIÈME PARTIE.

Structure anatomique des Copaliers (*Trachylobium* et *Hymenæa*).

I. — TRAVAUX ANTÉRIEURS.

Les espèces du genre *Copaifera* susceptibles de fournir des Copals (*C. copallina* H. Bn, *C. Demeusei* Harms, *C. Gorskiana* Benth., etc.), n'ont pas été, à notre connaissance, étudiées au point de vue anatomique, mais il est vraisemblable qu'elles possèdent les mêmes particularités si intéressantes que L. GUIGNARD (1) a signalées chez le *C. officinalis* L., relatives à l'origine des canaux sécréteurs dans la région cambiale et à leurs anastomoses dans le corps ligneux.

La même observation peut être faite à l'égard des *Daniellia* dont le système sécréteur ressemble, comme l'a également montré L. GUIGNARD (2), à celui des *Copaifera*.

En ce qui concerne les *Trachylobium*, l'étude anatomique de leurs organes sécréteurs, et uniquement celle de leur

(1) L. GUIGNARD. — L'appareil sécréteur des *Copaifera* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, XXXIX, 233-260, 1892).

(2) L. GUIGNARD. — Les *Daniellia* et leur appareil sécréteur (*Journ. Bot.*, XVI, 3).

tige, semble n'avoir été faite que chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv.

« L'étude anatomique d'un rameau de Copalier, dit J. DE CORDEMOY (1), montre que les organes qui sécrètent la résine n'existent que dans l'écorce. Ce sont de larges canaux sécréteurs occupant toute la couche corticale relativement peu épaisse par rapport au diamètre de la stèle que protège extérieurement un anneau complet de fibres péricycliques. »

Cette description est accompagnée d'un dessin représentant la coupe transversale d'un rameau de *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv., de Madagascar.

TSCHIRCH (2) dit n'avoir pu trouver de canaux résineux que dans l'écorce des plantes à Copal, les vieilles branches n'en renfermant plus.

L'origine de la pulpe du fruit des *Hymenæa* a donné lieu à diverses observations de la part de H. BAILLOX (3) et de J. NAZIF (4).

Les recherches que H. BAILLOX a poursuivies sur l'*Hymenæa Courbaril* L., l'amènent à cette conclusion que la pulpe ne provient pas de la graine, mais de la couche profonde du péricarpe.

Plus précis que l'auteur précédent, J. NAZIF attribue, chez l'*Hymenæa Martiana* Hayne, la production du tissu en question, à un dédoublement de l'endocarpe.

II. — RECHERCHES PERSONNELLES.

Parmi les quatre espèces que nous avons étudiées, les *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv., *Hymenæa*

(1) Loc. cit., p. 111.

(2) A. TSCHIRCH. — Die Harze und die Harzbehälter, p. 1197.

(3) H. BAILLOX. — Sur l'origine de la pulpe intérieure du fruit des Courbarils (Bull. Soc. Linnéenne de Paris, 5 janv. 1876, p. 66).

(4) J. NAZIF. — Sur le fruit des *Hymenæa* (Bull. Soc. Bot. de Genève, p. 29, 9 févr. 1914).

Courbaril L., *Hymenæa stilbocarpa* Hayne, *Hymenæa venosa* Vahl, les deux premières ont plus particulièrement fait l'objet de nos recherches, et nous en avons examiné la racine, la tige, la feuille, les diverses parties de la fleur, le fruit et la graine.

Racine.

Chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv., la structure primaire offre les caractères suivants :

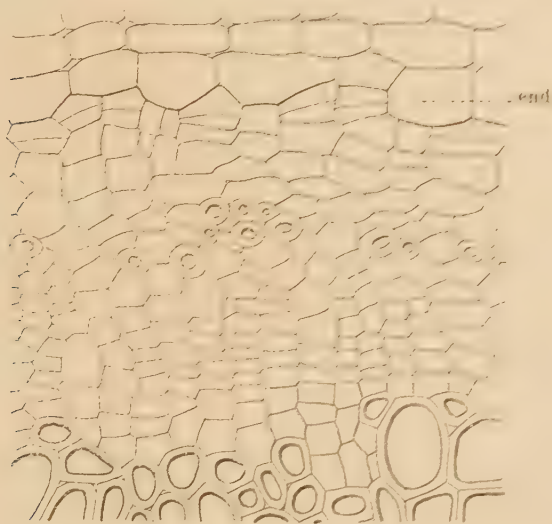


FIG. 1. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe transversale de la racine. Les cellules voisines de l'endoderme, *end*, sont en voie de cloisonnement. Gr. : 270.

Sous l'assise pilifère, l'assise subéreuse n'est pas différenciée. Le parenchyme cortical ne comporte guère que 5 à 6 rangées de cellules disposées en cercles concentriques assez réguliers. Les cellules endodermiques se

distinguent très nettement des cellules voisines par suite de la subérification de leurs parois. Le péricycle ne comprend qu'une seule assise de cellules contre laquelle se trouvent adossés deux faisceaux libériens en alternance avec deux faisceaux ligneux le plus souvent réunis en une lame vasculaire unique.

A un stade plus avancé, le parenchyme cortical s'est notablement épaissi. De plus, le péricycle s'est dédoublé et l'on peut y voir 4 à 5 assises de cellules. C'est alors que l'assise péricyclique, voisine de l'endoderme (*fig. 4*), se cloisonne, première manifestation de la formation d'un périoderme. Désormais, cette dernière assise génératrice va fonctionner en même temps que l'assise génératrice libéro-ligneuse.

Le périoderme, qui ne tarde pas à exfolier le parenchyme cortical, n'est constitué que par quelques assises de liège et par 2 à 3 rangées seulement de phelloderme.

Dans la partie profonde du péricycle sous-jacent apparaissent alors de nombreux cristaux d'oxalate de calcium, la plupart de forme losangique, soit isolés, soit disposés, le plus souvent, en files de cellules.

Il y a lieu d'ajouter que de nombreuses fibres se rencontrent de bonne heure dans la zone interne du péricycle.

La racine d'*H. Courbaril* L. possède une structure identique à celle que nous venons de décrire, mais des racines plus développées de cette espèce nous ont permis de constater (*fig. 2*) que des cellules scléreuses abondantes se développent au voisinage des fibres précédemment indiquées dans la zone profonde du péricycle, de façon à constituer un anneau presque complet. Quelques-unes d'entre elles renferment un cristal losangique d'oxalate de calcium.

Un certain nombre de cristaux font également leur

apparition dans le liber secondaire et dans le bois secondaire.

Le liber secondaire contient beaucoup de fibres à paroi de nature cellulosique.

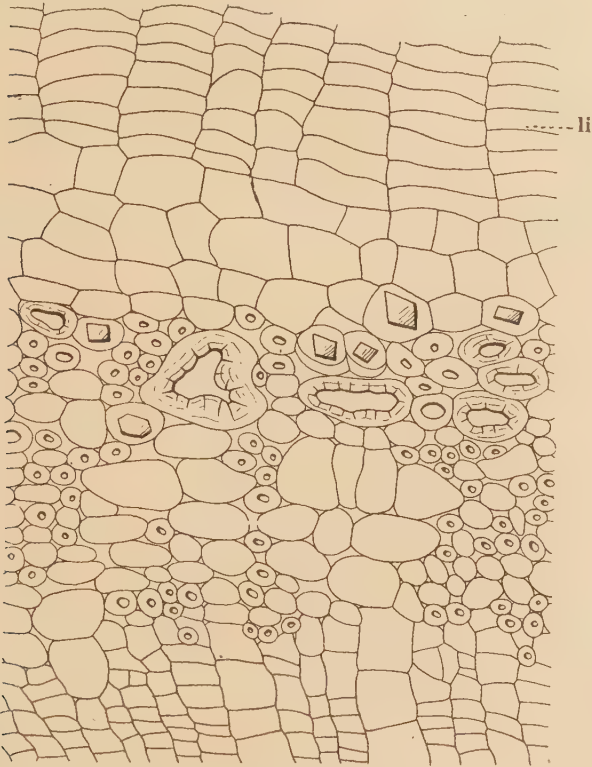


FIG. 2. — *Hymenaea Courbaril* — Coupe transversale de la racine : li, liège. La zone profonde du péricycle renferme de nombreuses cellules scléreuses et d'abondantes fibres. Gr. : 270.

Le bois secondaire est constitué à la fois par des vaisseaux, des fibres et du parenchyme sclérifié. Il est parcouru par d'abondants rayons médullaires à une seule rangée de cellules sur la coupe transversale. En hauteur,

ces rayons médullaires peuvent comporter jusqu'à 12 cellules dont certaines sont pourvues d'un cristal d'oxalate de calcium. Ces rayons médullaires se poursuivent à travers le liber jusqu'à l'anneau scléreux, en s'élargissant légèrement.

L'écorce est très mince. Quatre à cinq assises de cellules seulement séparent le liège périphérique de l'anneau scléreux.

La moelle, très développée, reste presque totalement cellulosique. Elle ne se sclérifie guère qu'au voisinage du bois secondaire.

La racine des *Hymenæa* étudiée est totalement dépourvue d'éléments sécréteurs.

Tige.

1. — Tige hypocotylée.

Trachylobium verrucosum (Gærtn.) Oliv.

La longueur de la tige hypocotylée peut atteindre, dans cette espèce, 10 à 12 centimètres et même davantage.

En section transversale, la tige offre un épiderme muni de poils tecteurs unicellulaires sclérifiés, relativement peu abondants.

Dans la région périphérique du parenchyme cortical (*fig. 3*), et le plus souvent séparées de l'épiderme par une seule assise de cellules, se trouvent, de distance en distance, de petites poches sécrétrices en rapport, le plus souvent, avec de légères saillies de l'écorce (1).

(1) Le contenu de ces poches sécrétrices se colore très nettement par l'oréanette acétique. Il en est de même de celui de toutes les poches que nous rencontrerons dans les autres organes.

Circulaires, en section transversale, ces poches se montrent deux fois plus longues que larges en coupe longitudinale.

Le parenchyme cortical, très épais, ne comporte pas, à l'origine, moins de 20 à 25 assises de cellules.

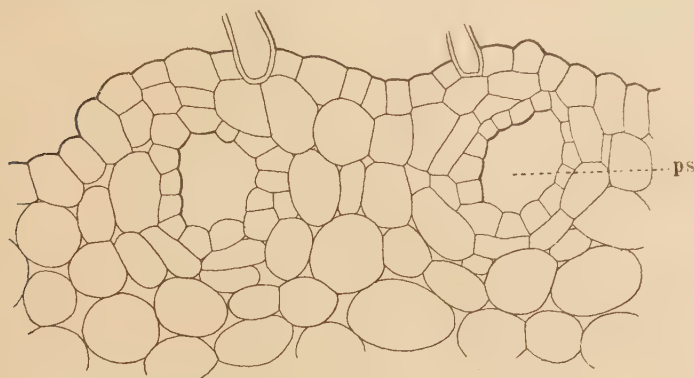


FIG. 3. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe transversale de la tige hypocotylée : *ps*, poche sécrétrice. *Gr.* : 270.

Les cellules endodermiques présentent, très nettement, un cadre de subérification, et ce sont elles qui se divisent tangentiellement, à un moment donné, pour donner naissance à un périderme (*fig. 4*). A cette division des cellules de l'endoderme correspond un écrasement des cellules de la région moyenne du parenchyme cortical, écrasement qui ne tarde pas à gagner ce parenchyme tout entier, lequel se détache complètement jusqu'au niveau de l'insertion des cotylédons, entraînant ainsi les poches sécrétrices.

Le périderme endodermique compte, extérieurement, quelques assises de liège, et, en dedans, 4 à 5 rangées de phelloderme qui recouvrent 2 à 3 assises de cellules péricycliques demeurées parenchymateuses.

Au-dessous, le péricycle comprend de très nombreuses

fibres groupées en paquets entre lesquels apparaissent bientôt d'énormes cellules scléreuses, le tout constituant un anneau plus ou moins complet.

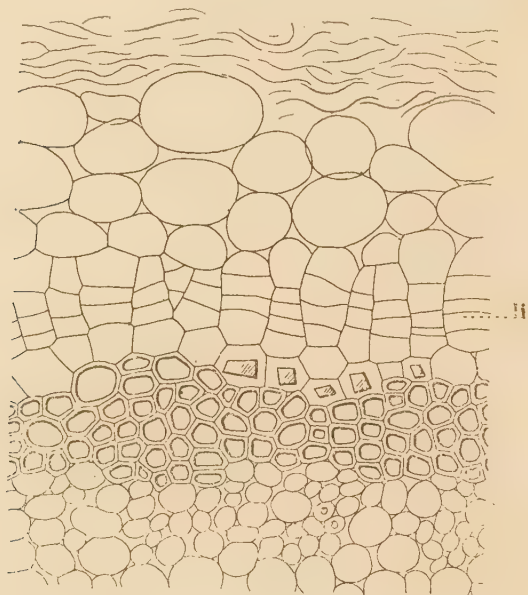


FIG. 4. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe transversale de la tige hypocotylée : li, liège d'origine endodermique. Gr. : 270.

Le liber est également pourvu de nombreuses fibres.

Le bois secondaire offre la même structure que dans la racine. Quelques cristaux d'oxalate de calcium se rencontrent dans ces diverses régions.

La tige hypocotylée du *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. ne possède pas d'éléments sécréteurs dans la moelle. Elle s'en montre donc totalement dépourvue à un moment donné, puisque celles du parenchyme cortical ont été exfoliées.

H. Courbaril L.

La tige hypocotylée offre, dans son ensemble, la même structure que chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv., mais on y rencontre, dans la moelle, des poches sécrétrices, peu abondantes il est vrai, puisque chaque coupe n'en comprend souvent que 4 à 5.

II. — Tige épicotylée.

Trachylobium verrucosum (Gærtn.) Oliv.

Dans la tige jeune, le parenchyme cortical peut présenter jusqu'à 15 assises de cellules. L'endoderme ne s'y trouve pas différencié.

Alors même que l'assise génératrice libéro-ligneuse n'a pour ainsi dire pas encore fonctionné, de nombreuses fibres péricycliques se montrent nettement distinctes, en un anneau presque complet.

A la structure primaire, d'assez nombreuses poches sécrétrices se rencontrent au voisinage de l'épiderme, les unes, séparées de ce dernier par une seule assise de cellules, les autres, situées plus profondément dans le parenchyme cortical.

La moelle en possède également quelques-unes et se distingue en cela de celle de la tige hypocotylée dans laquelle nous n'avons jamais pu en observer, malgré nos recherches répétées.

A un stade plus avancé, outre les formations libéro-ligneuses secondaires, les modifications consistent principalement en un développement très marqué de liège sous-

épidermique (fig. 5), une formation, identique à celle que nous avons signalée dans la racine, de nombreuses cellules scléreuses qui viennent compléter l'anneau fibreux périeyclique, et l'apparition de nouveaux cristaux d'oxalate de calcium dans le parenchyme cortical, le périeycle et le liber.

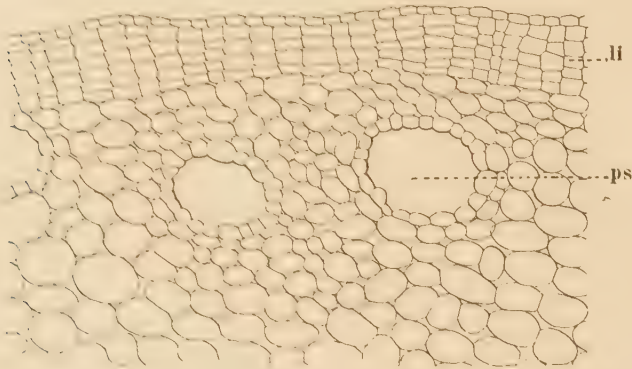


FIG. 5. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe transversale de la tige épicotylée. Le liège, *li*, prend naissance sous l'épiderme : *ps*, poche sécrétrice du parenchyme cortical. Gr. : 90.

Le liège secondaire, qui a pris naissance sous l'épiderme, est presque totalement constitué par des cellules à parois épaissies et canaliculées ; c'est du liège dur.

Dans le parenchyme cortical (fig. 6), les poches sécrétrices primitives se retrouvent, excessivement développées et encore pourvues de leur contenu. De grosses cellules scléreuses y sont éparses, et, au voisinage du liège, on peut observer de nombreuses cellules, à paroi en partie épaissie et sclérifiée, pourvues d'un cristal losangique d'oxalate de calcium.

Les cellules scléreuses se montrent surtout abondantes dans la tige un peu âgée, dans la région périeyclique où, mélangées aux fibres, elles constituent avec elles un anneau

complet très épais (*scl*) qui fait plus ou moins saillie dans les larges rayons médullaires séparant l'extrémité des cônes libériens. Plusieurs de ces cellules renferment un cristal d'oxalate de calcium, mais la substance minérale est surtout répandue dans l'assise extérieure, voisine de la bande scléreuse.

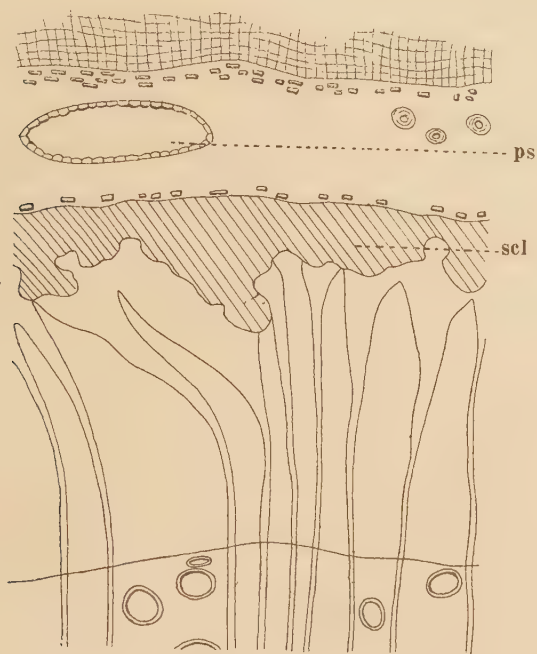


FIG. 6. — *Trachylobium verrucosum*. — Schéma de la coupe transversale de la tige. Sous le liège périphérique et au voisinage de l'anneau scléreux péryclic, *scl*, nombreux cristaux d'oxalate de calcium ; *ps*, poche sécrétrice. Gr. : 50.

Le liber secondaire se présente sous la forme de cônes très allongés, séparés à la base par des rayons médullaires à une seule rangée de cellules, mais qui vont s'élargissant en éventail jusqu'au voisinage de l'anneau scléreux péryclic.

Les fibres libériennes sont excessivement nombreuses, à section transversale plus ou moins sinueuse. Leur paroi semble bien être de nature cellulosique, car elles ne se colorent ni par le vert d'iode ni par la fuchsine ammoniacale.

Quelques cellules oxalifères se rencontrent de place en place dans la région libérienne.

Le bois, parcouru par des rayons médullaires à une seule rangée de cellules, comporte un assez grand nombre de vaisseaux, du parenchyme sclérifié et des fibres, en couches sensiblement alternantes. On n'y observe que de très rares cristaux d'oxalate de calcium.

La moelle, scléreuse à la périphérie, demeure parenchymateuse au centre, avec quelques poches sécrétrices pouvant atteindre un millimètre environ en section longitudinale.

H. Courbaril L.

La structure de la tige de cette espèce ne diffère pas, dans ses traits essentiels, de celle de la tige du *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. On peut noter cependant qu'indépendamment du liège sous-épidermique, des péridermes un peu plus profonds peuvent prendre naissance, exfoliant parfois une poche sécrétrice.

Les poches sécrétrices du parenchyme cortical conservent, même dans les tiges âgées, une très grande netteté dans la structure de leurs cellules de bordure.

L'oxalate de calcium se trouve réparti dans l'*H. Courbaril* L. de la même façon que chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv.

La moelle est également pourvue de poches sécrétrices.

H. venosa Vahl.

Nous retrouvons ici, dans la tige, tous les caractères anatomiques que nous avons rencontrés chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. Les poches sécrétrices y sont réparties de la même façon.

H. stilbocarpa Hayne.

Cette espèce se distingue des précédentes par de plus nombreuses poches sécrétrices, à la fois dans le parenchyme cortical et dans la moelle, et aussi par une plus grande abondance d'oxalate de calcium dans le bois et dans la moelle.

Feuille.

Trachylobium verrucosum (Gærtn.) Oliv.

Dans la région médiane du pétiole, on observe très nettement (*fig. 7*), en section transversale, un anneau libéro-ligneux externe très développé, renfermant un amas libéro-ligneux à liber interne et dont les vaisseaux sont orientés à l'inverse de ceux de l'anneau précédent.

Au sommet du pétiole, un peu au-dessous de la région où se séparent les pétioles secondaires, l'anneau primitif commence à se diviser en deux (*fig. 8*), en même temps que la masse libéro-ligneuse centrale subit le même sort.

A un niveau supérieur (*fig. 9*), les faisceaux qui doivent se rendre dans chacune des folioles sont sur le point

de se séparer complètement. Dans chacun d'eux, on peut encore reconnaître, dans leur région de contact, les

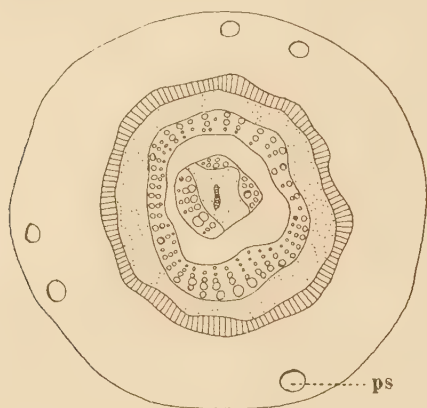


FIG. 7. — *Trachylobium verrucosum*. — Schéma de la coupe transversale de la région médiane du pétiole : *ps*, poche sécrétrice. Le péri-cycle est représenté en hachures et le liber en pointillé. (Il en est de même dans les quatre figures suivantes). Gr. : 35.

éléments provenant de l'amas libéro-ligneux primordial.

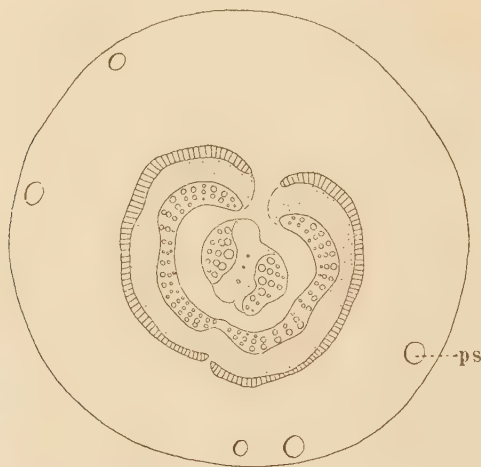


FIG. 8. — *Trachylobium verrucosum*. — Schéma de la coupe transversale du sommet du pétiole : *ps*, poche sécrétrice. Gr. : 35.

Cette dernière structure permet de comprendre celle que l'on observe (fig. 10) vers le tiers inférieur de la foliole

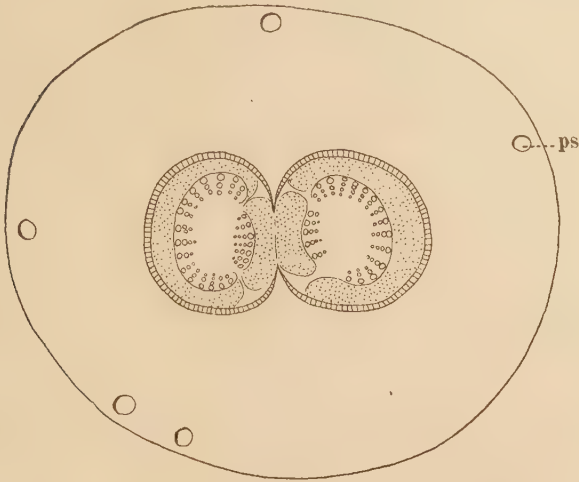


FIG. 9. — *Trachylobium verrucosum*. — Schéma de la coupe transversale du pétiole à un niveau plus élevé que dans la figure précédente : ps, poche sécrétrice. Gr. : 35.

où l'arc libéro-ligneux disposé normalement se trouve surmonté d'un arc de même nature, mais à bois inversement orienté.

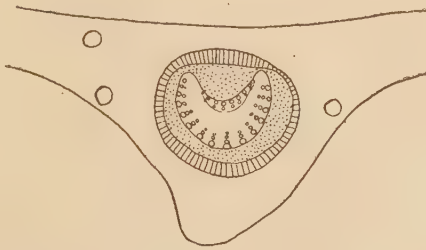


FIG. 10. — *Trachylobium verrucosum*. — Schéma de la coupe transversale d'une foliole. Gr. : 35.

Un peu plus haut dans la région médiane du limbe (fig. 11), le faisceau libéro-ligneux de la nervure médiane

offre encore un aspect différent, le liber entourant complètement le bois. Autour du faisceau, le péricycle est constitué par des fibres très nettement sclérifiées.

La structure du limbe se montre la même, aussi bien dans les premières folioles de la tige épicotylée (folioles à contour arrondi, distinctes des folioles suivantes fortement allongées et insymétriques) que dans les folioles supérieures.

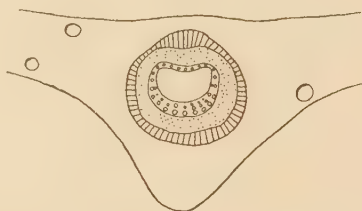


FIG. 11. — *Trachylobium verrucosum*. — Schéma de la coupe transversale de la région médiane du limbe. Gr. : 35.

Sous l'épiderme supérieur, il n'existe qu'une seule assise de cellules en palissade, fort peu allongées d'ailleurs et recouvrant un parenchyme à peine lacuneux.

D'assez nombreuses poches sécrétrices existent au contact de l'épiderme, à la fois dans le parenchyme de la nervure médiane et dans le limbe proprement dit.

Les cellules épidermiques offrent, sur les deux faces de la feuille, des contours excessivement sinueux. L'épiderme inférieur seul est pourvu de stomates.

Des feuilles de *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. de Madagascar diffèrent, anatomiquement, de celles provenant des serres de la Faculté de Pharmacie, par une sclérification et un développement plus considérables des fibres péricycliques, et par un épaissement plus marqué des parois sinueuses des cellules épidermiques, en particulier de l'épiderme inférieur, qui se montre pourvu d'abondantes ponctuations. En outre, la structure de la nervure

médiane de la foliole, peut se compliquer par l'apparition de vaisseaux au sommet et sur les côtés de l'arc libéro-ligneux supérieur. De plus, les cristaux d'oxalate de calcium, voisins des fibres péricycliques de la nervure médiane et des nervures secondaires, y sont également plus nombreux.

**H. Courbaril L., H. stilbocarpa Hayne,
H. venosa Vahl.**

La nervure médiane de la foliole, offre dans toutes ces espèces, une structure comparable à celle que nous avons décrite chez le *Trachylobium verrucosum*, en particulier dans les échantillons provenant de Madagascar.

Chez l'*Hymenæa venosa* Vahl, les cellules scléreuses sont excessivement abondantes dans le parenchyme ambiant de la nervure médiane.

Les poches sécrétrices présentent, dans toutes ces espèces, une répartition identique. A la loupe, on les distingue très nettement et on les voit occuper le centre de petites plages polygonales nettement délimitées par d'abondantes nervures d'une extrême finesse.

Fleur.

L'espèce, dont nous avons pu étudier les organes floraux, qui nous a été envoyée de Madagascar, sous le nom d'*Hymenæa verrucosa* Gærtn., doit être considérée plutôt comme une variété ou une forme de cette espèce.

Sa corolle possédant trois pétales postérieurs presque égaux, et deux antérieurs rudimentaires, il semble bien qu'il s'agisse, en effet, de l'espèce décrite par HAYNE sous

le nom de *Trachylobium Hornemannianum* (= *Hymenæa Hornemanniana* D. Dietr.), distincte du *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. dont la corolle possède cinq pétales presque égaux (1).

Rameau de l'Inflorescence. — Ce rameau est couvert, à l'origine, de très nombreux poils, bientôt exfoliés par suite de la formation de liège sous-épidermique.

Les poches sécrétrices, situées plus ou moins profondément dans le parenchyme cortical, se rencontrent également dans la moelle. Cette dernière offre, d'une façon constante (fig. 12), la forme d'une croix.

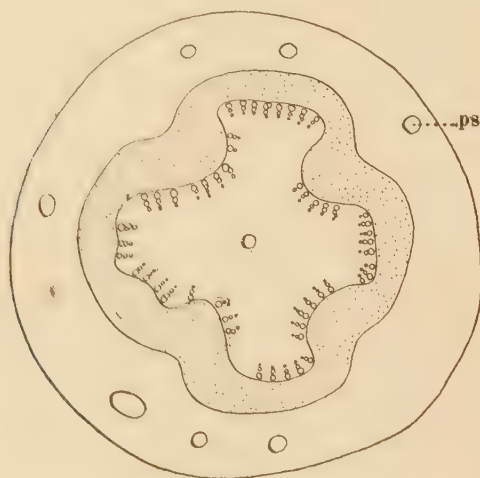


FIG. 12. — *Trachylobium verrucosum*. — Schéma de la coupe transversale d'un rameau de l'inflorescence : ps, poche sécrétrice. (Le liber est représenté en pointillé). Gr. : 270.

Calice. — Les sépales sont pourvus, sur leurs deux faces, de poils sclérifiés, unicellulaires, excessivement

(1) Dans les pages qui suivent, notre espèce de Madagascar sera étudiée sous le nom de *Trachylobium verrucosum*.

abondants. Leur parenchyme possède de nombreuses poches sécrétrices.

Corolle. — Les pétales sont très minces, et ne comportent guère, au maximum, que 3 à 4 assises de cellules entre les deux épidermes, qui sont toujours glabres.

Les poches sécrétrices, très nombreuses, occupent presque tout l'espace compris entre les deux faces du limbe qu'elles dépassent en diamètre, de façon à constituer des sortes de nodosités (*fig. 13*).



FIG. 13. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe transversale d'un pétale intéressant trois poches sécrétrices. Gr. : 35.

Etamine. — Le filet et l'anthère sont également pourvus de poches sécrétrices sous-épidermiques.

Ovaire et Fruit.

Trachylobium verrucosum (Gartn.) Oliv.

Nous avons pu suivre, dans cette espèce, tous les stades du développement de l'ovaire jusqu'à la formation complète du fruit et de la graine.

Lorsque l'ovaire, porté par un très court podocarpe, et pourvu à la base de très nombreux poils, n'atteint guère qu'un millimètre de longueur, les téguments ovulaires ne

récouvrant pas encore complètement le nucelle (*fig. 14*), sa paroi comprend environ une douzaine d'assises de cellules. On y observe quelques mâcles d'oxalate de calcium. Au voisinage de son épiderme externe, les poches sécrétrices sont excessivement nombreuses et se montrent toutes pourvues d'un petit prolongement plus ou moins creux qui vient se terminer sous la cuticule, résultant peut-être d'une poussée exercée par le contenu de la poche qui tend à faire hernie au dehors.

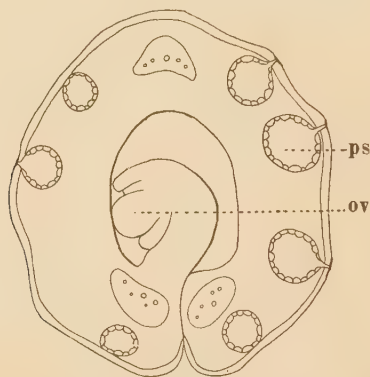


FIG. 14. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe ^{transversale} longitudinale d'un ovaire très jeune : ov, ovule ; ps, poche sécrétrice. Gr. : 50.

A un stade un peu plus avancé (3 à 4 millimètres de longueur) (*fig. 15*), alors que la paroi ovarienne plus épaisse, parcourue par des faisceaux libéro-ligneux nettement différenciés, comprend d'abondantes poches sécrétrices fortement développées, on assiste à un cloisonnement très net de l'épiderme interne.

Ce cloisonnement peut être observé en parcourant cet épiderme, soit à partir de la région placentaire, soit à partir de la région dorsale de la paroi ovarienne (*fig. 16*). On voit ainsi que dans les régions en question, les cellules épidermiques ne subissent pas de cloisonnement, tandis

qu'au fur et à mesure qu'on se rapproche de la portion médiane de l'ovaire, elles se montrent divisées en deux et

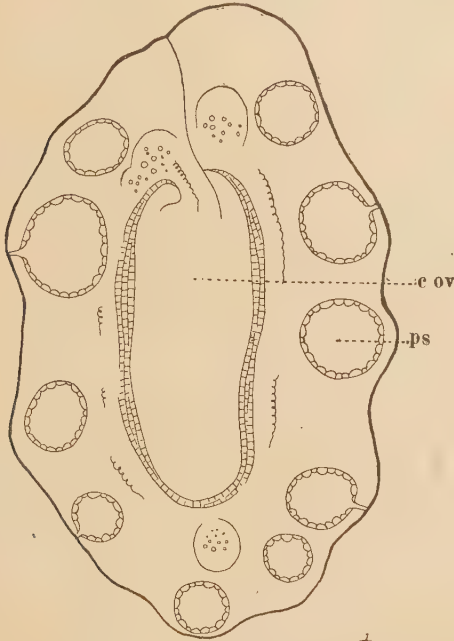


FIG. 15. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe ^{transversale} longitudinale de l'ovaire. L'épiderme interne est en voie de cloisonnement : *c ov*, cavité ovarienne ; *ps*, poche sécrétrice. Gr. : 35.

même en trois. A ce stade donc, l'épiderme interne se trouve dédoublé sur la majeure partie de sa périphérie.

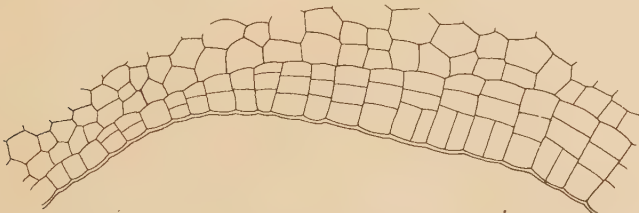


FIG. 16. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe ^{transversale} longitudinale de la région interne de l'ovaire. En parcourant le dessin, de gauche à droite, on observe la division successive des cellules de l'épiderme interne. Des trois assises de cellules formées, l'interne seule donnera la pulpe. Gr. : 270.

Des nouvelles rangées de cellules ainsi formées aux dépens de l'épiderme interne, la plus profonde seule va prendre part à la constitution de la pulpe. A cet effet, ses

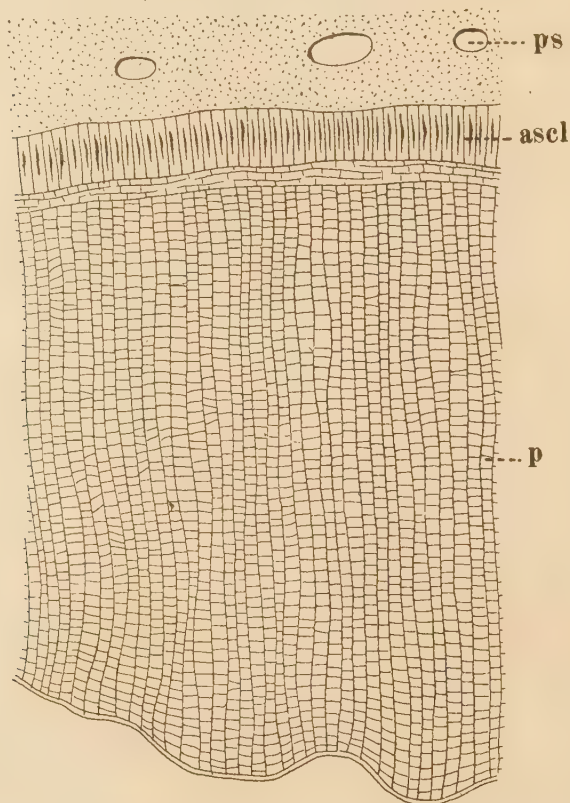


FIG. 17. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe transversale de la région interne de l'ovaire à un stade plus avancé que dans la figure précédente : *p*, pulpe, provenant de l'épiderme interne, au même titre que les cellules aplaties situées au-dessus ; *ascl*, assise profonde du mésocarpe, sclérifiée ; *ps*, poche sécrétrice. Gr. : 70.

éléments s'allongent et se subdivisent en séries radiales d'une parfaite régularité (*fig. 17*). Les autres assises, en se cloisonnant à deux ou trois reprises, donnent, en défi-

nitive, 3 à 5 rangées de cellules fortement aplaties, mais très allongées en direction tangentielle.

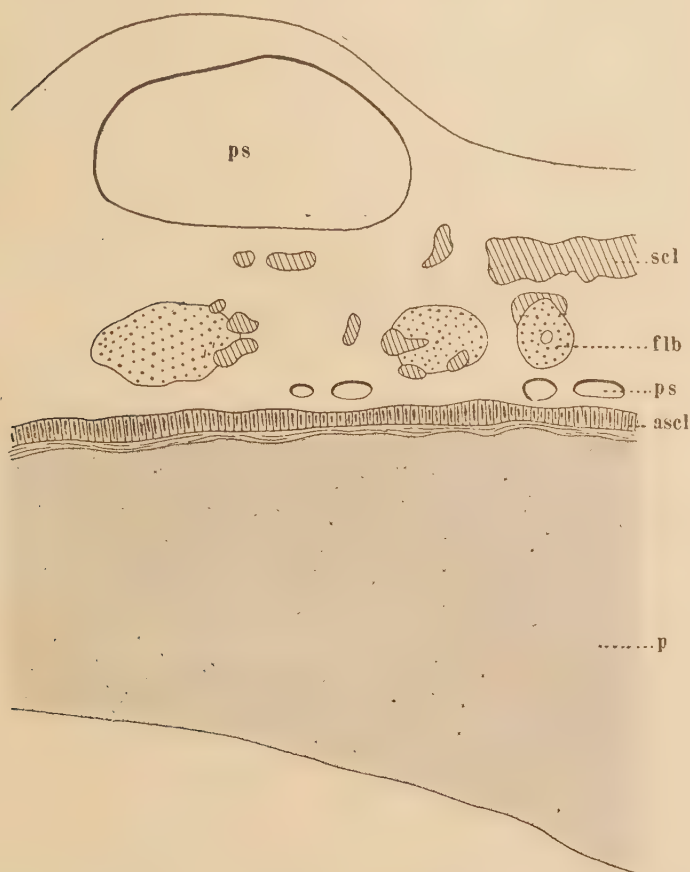


FIG. 18. — *Trachytobium verrucosum*. — Schéma de la coupe transversale du fruit : *ps*, poches sécrétrices ; *scl*, éléments scléreux ; *flb*, faisceau libéro-ligneux ; *ascl*, assise scléreuse ; *p*, pulpe. Gr. : 20.

Dans la suite du développement, l'ovaire ayant 1 cent. de diamètre, l'assise extérieure, voisine de ces cellules aplaties, se montre constituée par des éléments qui se sont considérablement accrus en direction radiale, et dont

la paroi ne tarde pas à s'épaissir et à se sclérifier (*ascl*). C'est vers ce moment qu'apparaissent non loin d'elles, de nouvelles poches sécrétrices (*ps*), disposées en un cercle régulier dans la région profonde de la paroi de l'ovaire.

Ultérieurement de nouvelles cellules scléreuses apparaissent non seulement au contact extérieur des faisceaux libéro-ligneux, mais aussi dans la région externe de la paroi ovarienne, sous forme de nodules de dimensions très grandes.

Les poches sécrétrices primitives devenues énormes se montrent anfractueuses, mais toujours très nettement pourvues de leurs cellules de bordure.

En résumé, le péricarpe offre (*fig. 18*) la structure suivante :

Sous l'épicarpe, de place en place, se rencontrent de volumineuses poches sécrétrices (*ps*) gorgées de résine. Dans le mésocarpe, les éléments scléreux (*scl*) sont abondants, soit en plages distinctes, soit au voisinage des faisceaux libéro-ligneux. Un second cercle de poches sécrétrices (*ps*) plus petites se rencontre au voisinage de l'assise scléreuse (*ascl*) représentant la dernière assise du mésocarpe.

En dedans de 3 à 5 assises de petites cellules plus ou moins aplaties, se trouve une pulpe abondante (*p*) provenant, ainsi qu'on l'a indiqué, des cellules les plus profondes résultant du cloisonnement de l'épiderme interne de l'ovaire (1).

La pulpe du *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. a donc une origine absolument semblable à celle que NAZIF a signalée pour l'*Hymenæa Martiana* Hayne.

(1) Ce dédoublement de l'endocarpe rappelle celui que G. TRÉMEAU a signalé dans la Casse (*Recherches sur le développement du fruit et l'origine de la pulpe de la Casse et du Tamarin*, Thèse Pharmacien 1^{re} classe, Paris, 1892), l'assise interne produisant également, dans ce fruit, la pulpe qui remplit les loges et entoure les graines.

D'accord sur ce point avec cet auteur, nous ne le sommes plus à l'égard de l'assise scléreuse palissadique, que nous considérons comme l'assise la plus profonde du mésocarpe, tandis que NAZIF la rapporte aux cellules externes provenant du dédoublement primitif de l'endocarpe.

Hymenæa Courbaril L.

Les observations que nous avons pu faire chez cette espèce à divers stades du développement de l'ovaire, relativement à l'origine des divers éléments du péricarpe et de la pulpe, nous ont amené à des résultats analogues à ceux que nous avons indiqués pour le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv.

Toutefois, l'*H. Courbaril* L. présente une sclérification beaucoup plus intense de son péricarpe et les poches sécrétrices y sont beaucoup plus nombreuses que chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. Surtout abondantes à la périphérie et au voisinage de l'assise scléreuse, on en rencontre également, réparties sans ordre, dans les autres régions demeurées parenchymateuses.

Hymenæa stilbocarpa Hayne.

Les matériaux dont nous disposions ne nous ont permis que de constater le début du cloisonnement de l'épiderme interne de l'ovaire et, à un stade ultérieur, l'abondance de poches sécrétrices dans la région sous-épidermique et dans la région profonde du péricarpe.

Les premières, très développées, sont séparées des secondes, beaucoup plus petites, par de très nombreux éléments scléreux, groupés en une couche presque continue.

Hymenæa venosa Vahl.

Dans les ovaires jeunes que nous avons pu étudier, les poches sécrétrices se montrent très nombreuses et très volumineuses, au contact immédiat de l'épiderme.

Graine.

Trachylobium verrucosum (Gærtn.) Oliv.

L'ovule comprend deux téguments ovulaires, dont l'externe est excessivement épais, tandis que l'interne ne possède que deux assises cellulaires. De ces deux assises (*fig. 19*), la plus profonde prend toujours un développement plus grand que sa voisine et ses cellules s'allongent et se groupent parfois en forme de papilles.

Le tégument ovulaire externe prend part en totalité à la formation du tégument séminal (*fig. 20*).

Le tégument interne s'y retrouve sous forme de petites cellules pour ainsi dire privées de leur contenu et nettement distinctes des cellules voisines provenant du tégument externe, très grandes, et gorgées d'une abondante matière colorante brunâtre.

Les cellules épidermiques du tégument séminal, très développées dans le sens radial, recouvrent une assise de cellules légèrement allongées dans la même direction, et pourvues chacune d'un cristal d'oxalate de calcium.

La graine mûre est totalement privée d'albumen.

Le tissu cotylédonaire est formé de cellules à parois très épaissies se colorant en bleu par l'iode (1). Ces cel-

(1) Cette coloration est signalée par Van TIEGHEM (*Traité de Botanique* 1891, p. 560) dans les cotylédons des *Tamarindus* et *Hymenæa*.

lules renferment des globules qui prennent la coloration jaune sous l'action du même corps, et qui sont vraisemblablement de nature azotée.

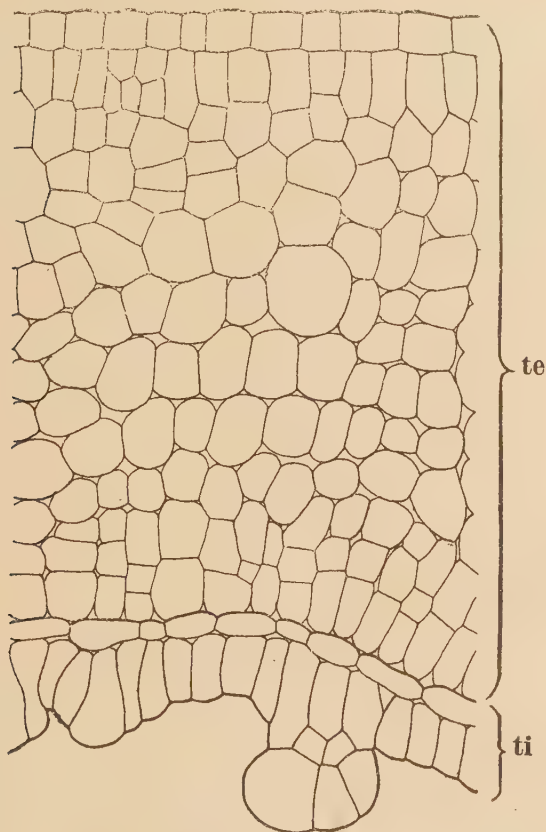


FIG. 19. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe transversale de la paroi ovulaire : *té*, tégument externe ; *ti*, tégument interne. Gr. : 360.

Dans les jeunes plantules, on constate que lorsque les cotylédons portés par la tige hypocotylée sont sur le point de se détacher, leurs cellules n'offrent plus que des parois

minces, non colorables par l'iode. Les membranes cellulaires des cotylédons constituent donc pour l'embryon

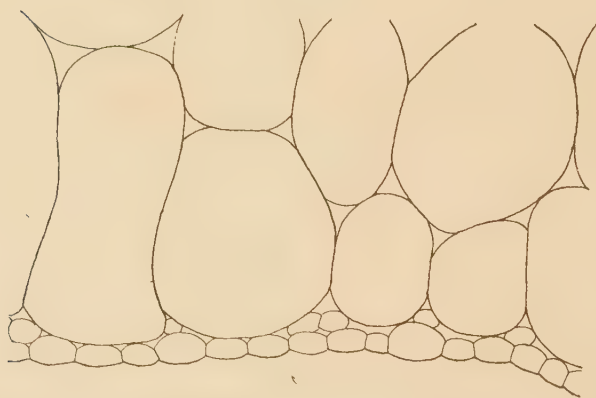
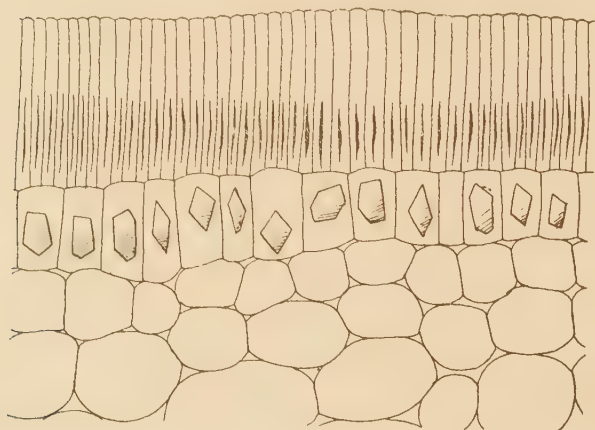


FIG. 20. — *Trachylobium verrucosum*. — Coupe transversale du tégument séminal. Gr. : 270.

une matière de réserve qui a été utilisée au cours du développement de la jeune plante.

Hymenæa Courbaril L.

Le tégument séminal possède une structure analogue à celle de l'espèce précédente, les cellules de l'assise sous-épidermique ayant toutefois leurs parois plus épaissies.

Les cellules cotylédonaire offrent également des membranes très épaisses, et il semble bien que des communications protoplasmiques s'établissent de l'une à l'autre (*fig. 21*).

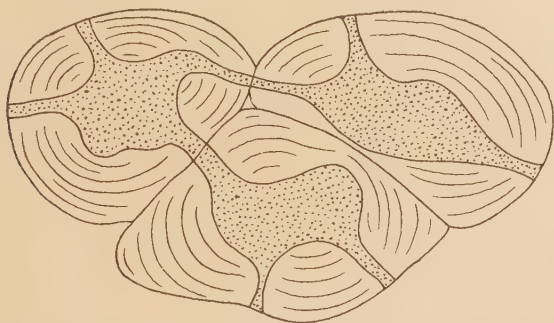


FIG. 21. — *Hymenæa Courbaril*. — Cellules du tissu cotylédonaire.
Gr. : 360.

Ayant eu à notre disposition une certaine quantité de graines d'*H. Courbaril* L., il nous a été possible de compléter les observations que nous avons faites, relatives à la nature de la membrane des cellules cotylédonaire du *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv.

Deux grammes de cotylédons d'*H. Courbaril* L. ayant été rapés, nous les avons additionnés de cent grammes d'eau distillée, et, après cinq minutes environ de contact, nous avons jeté le tout, formant un mucilage, sur un filtre.

Nous avons alors obtenu un filtrat limpide, jaunâtre,

se colorant en bleu verdâtre par addition d'une certaine quantité d'une solution iodo-iodurée.

Cette coloration disparaît si l'on porte la solution à 22°-23°, pour apparaître de nouveau lors du refroidissement.

Le tissu cotylédonaire ne possède pas de propriétés réductrices. Mais chauffé avec l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique dilué (75 minutes à 100° ou une heure à 125°), il donne naissance à un ou plusieurs sucres réducteurs. La solution sucrée ainsi obtenue, neutralisée et chauffée avec la phénylhydrazine fournit un précipité jaune clair, d'une ou plusieurs hydrazones, peu solubles à froid, mais solubles à chaud dans l'eau distillée, et solubles aussi dans l'alcool méthylique.

CONCLUSIONS.

Dans la première partie de notre travail, nous inspirant des documents les plus récents, puisés aux sources les plus sûres, nous avons exposé la répartition des espèces actuellement connues comme productrices de Copals, indiqué les modes de récolte de ces résines et donné un aperçu de leur importance au point de vue commercial.

Quatre espèces de *Copaifera* fournissent les Copals africains : *C. copallina* H. Bn (= *C. Guibourtiana* Benth.), *C. Demeusei* Harms, *C. Mopane* J. Kirk, *C. Gorskiana* Benth.

Dans tous les pays baignés par le Golfe de Guinée, depuis le sud de la Sierra-Leone jusqu'au Congo français, le *Daniellia Ogea* Rolfe constitue également une espèce copalifère importante.

Le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv. (= *Hymenæa verrucosa* Gærtn.) fournit le Copal de Madagascar. Le *Trachylobium mossambicense* Klotzsch (= *T. Horne-mannianum* Hayne) est le Copalier de Zanzibar.

L'*Hymenæa Courbaril* L. fournit le Copal d'Amérique. Les résines des *H. splendida* Vog. et *H. stilbocarpa* Hayne possèdent des propriétés très voisines de celles de l'*H. Courbaril* L.

On attribue au *Dammara australis* Lamb. les produits fossiles trouvés dans le sol, qui constituent le *Copal de la Nouvelle-Zélande*.

Au point de vue anatomique, nos recherches ont été poursuivies sur les divers organes des *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv., et *Hymenæa Courbaril* L.

Elles ont été complétées par l'examen de la tige, de la feuille et du fruit des *Hymenæa stilbocarpa* Hayne et *H. venosa* Vahl.

Dans la racine, il y a lieu de noter la formation d'un périderme péryclic sous lequel s'établit bientôt, au voisinage du liber, un anneau scléreux presque continu, constitué par des fibres et des cellules scléreuses.

La racine des espèces étudiées s'est montrée totalement dépourvue d'éléments sécréteurs.

En ce qui concerne la tige, les points suivants méritent de retenir l'attention :

1° Les organes sécréteurs que possède la tige ne sont pas, comme le pensent TSCHIRCH et J. de CORDEMOY, des canaux sécréteurs, mais bien des poches sécrétrices.

2° Ces poches sécrétrices prennent naissance, aussi bien dans la tige hypocotylée que dans l'axe épicotylé, au voisinage de l'épiderme. On en rencontre également quelques-unes dans la région plus profonde du parenchyme cortical.

Outre les poches sécrétrices du parenchyme cortical, la tige hypocotylée et la tige épicotylée de l'*H. Courbaril* L.

en possèdent également dans la moelle, mais en très petit nombre. Chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv., l'axe épicotylé seul en est pourvu.

Les *H. venosa* Vahl et *H. stilbocarpa* Hayne renferment également des poches sécrétrices dans la région médullaire de leur tige épicotylée. Ces poches sont assez abondantes chez l'*H. stilbocarpa* Hayne.

3° Dans l'axe hypocotylé, un liège, d'origine endodermique, exfolie tout le parenchyme cortical avec les poches sécrétrices qu'il renferme. Le liège est, au contraire, d'origine sous-épidermique dans la tige épicotylée où se retrouvent, à tout âge, les poches sécrétrices du parenchyme cortical.

En pratiquant, chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv., une série de coupes transversales, à des niveaux successifs, nous avons pu nous rendre compte de la façon dont se dédouble l'anneau libéro-ligneux du pétiole pour se rendre dans chacune des folioles, et comprendre comment il se fait, en définitive, que la nervure médiane de cette foliole soit pourvue, indépendamment d'un arc libéro-ligneux normal, d'un arc de même nature mais à bois inversement orienté.

Tous les *Hymenæa* étudiés offrent, dans l'organisation des éléments de la nervure principale de leurs folioles, un aspect sensiblement identique.

Suivant l'espèce examinée, les cellules scléreuses sont plus ou moins abondantes dans le parenchyme ambiant de cette nervure. Chez toutes les espèces observées, d'assez nombreuses poches sécrétrices existent au voisinage de l'épiderme.

Considérés dans l'espèce provenant de Madagascar sous le nom d'*Hymenæa verrucosa* Gærtn., et qui est vraisemblablement le *Trachylobium Hornemannianum* Hayne, le calice, la corolle, le filet et l'anthère, l'ovaire, se sont montrés largement pourvus de poches sécrétrices.

Les matériaux dont nous disposions nous ont permis de suivre, chez cette espèce, tous les stades du développement de l'ovaire en fruit et de constater que la pulpe qui, à un moment donné, enveloppe complètement les graines, provient du cloisonnement de l'épiderme interne de l'ovaire.

D'accord sur ce point avec J. NAZIF (qui a étudié l'origine de la pulpe chez l'*Hymenæa Martiana* Hayne), nous ne le sommes plus à l'égard de l'assise scléreuse palissadique de la région interne du péricarpe. Alors que cet auteur la rapporte aux cellules externes provenant du dédoublement primitif de l'endocarpe, nous la considérons, au contraire, comme l'assise la plus profonde du mésocarpe.

Notons encore que l'étude du développement nous a révélé l'apparition de nouvelles poches sécrétrices au voisinage de l'assise scléreuse dont il vient d'être question. Aussi, les poches sécrétrices du péricarpe sont-elles excessivement nombreuses. Les plus anciennes, abondantes déjà dans l'ovaire très jeune, au voisinage de l'épiderme, ont pris, dans le fruit mûr, un énorme développement et se montrent gorgées de résine.

Les observations que nous avons faites chez divers *Hymenæa* nous ont amené à des résultats analogues à ceux que nous venons d'indiquer.

En suivant, chez le *Trachylobium verrucosum* (Gærtn.) Oliv., le développement de l'ovule en graine, nous avons pu constater que le tégument ovulaire interne, avec ses deux assises de cellules, prend part à la formation du tégument séminal. Dans cette espèce, comme chez l'*Hymenæa Courbaril* L., le tissu cotylédonaire est formé de cellules à parois excessivement épaisses, se colorant en bleu par l'iode.

Le tissu cotylédonaire de l'*Hymenæa Courbaril* L. ne possède pas de propriétés réductrices mais, chauffé avec l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique dilué, il donne naissance à un ou plusieurs sucres réducteurs.

Vu, bon à imprimer :

Le Président de la Thèse,

L. GUIGNARD.

Vu :

Le Doyen de la Faculté,

H. GAUTIER.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

P. APPELL.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
INTRODUCTION.....	5
PREMIÈRE PARTIE. — Les Plantes à Copals. — Origine botanique et géographique. — Récolte des Copals et leur commerce.....	7
<i>Copaifera</i> fournisseurs de Copal.....	8
<i>Daniellia</i>	15
<i>Trachylobium</i> — <i>Hymenæa</i> — <i>Peltogyne</i>	16
<i>Dammara</i>	20
DEUXIÈME PARTIE. — Structure anatomique des Copaliers (<i>Hymenæa</i> et <i>Trachylobium</i>).....	23
I. — Travaux antérieurs.....	23
II. — Recherches personnelles.....	24
Racine.....	25
Tige.....	28
Feuille.....	35
Fleur.....	39
Ovaire et Fruit.....	41
Graine.....	48
CONCLUSIONS	53

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE LUCIEN DECLUME, LONS-LE-SAUNIER.
